Séance de travaux pratiques de physique n° 1

Étude d'oscillateurs forcés

Résumé

A. *Oscillations d'un ressort vertical*. On mesurera la période de l'oscillateur libre pour un amortissement visqueux (eau). On mettra en évidence le phénomène de résonance de l'oscillateur forcé. On déterminera les facteurs de qualité des oscillateurs libre et forcé et on les comparera.

B. *Oscillations d'un pendule à ressort.* C'est un exemple d'oscillateur à frottements solides. On observera en particulier l'amortissement des oscillations libres d'un tel oscillateur. On mettra en évidence le phénomène de résonance de l'oscillateur forcé. On déterminera les facteurs de qualité des oscillateurs libre et forcé et on les comparera.

Objectifs

Le but du TP est d'étudier les oscillateurs forcés avec différents types d'amortissement (visqueux et solide), d'analyser le phénomène de résonance et de mesurer des facteurs de qualité.

L'étude des oscillations forcées et de la résonance pourra être faite sur l'un des deux dispositifs, l'étude des oscillations libres amorties doit être vue sur les deux.

A. Prise en main de l'oscilloscope numérique

Visualiser un signal $x(t)$ obtenu à la sortie d'un générateur basses-fréquences.
Mesurer son amplitude maximum en utilisant les curseurs.
Mesurer sa période en utilisant les curseurs.
Imprimer la copie de l'écran.

B. Oscillations d'un ressort vertical

1. Mesure de la fréquence propre

On étirera le ressort à la main d'une longueur inférieure à 5 cm. On mesurera la période d'oscillation T_{0l} du mouvement et on estimera l'incertitude de la mesure. On en déduira la fréquence $v_{0.}$

2. Étude à l'oscilloscope des oscillations forcées du ressort, la masse étant dans l'eau

Accrocher le cylindre par l'intermédiaire d'un fil conducteur isolé à travers la partie haute du dispositif de mesure. Immerger totalement l'ensemble dans le récipient rempli d'eau. Le cylindre au repos doit être approximativement au centre de l'appareillage. Observer le mouvement d'oscillations forcées ; s'assurer que le cylindre et le fil se meuvent librement. Appliquer une tension de 2 V maximum entre les armatures du dispositif. Mesurer la tension entre le ressort et la masse de l'alimentation à l'oscilloscope. Ce dispositif permet d'obtenir un signal x opposé et proportionnel à l'élongation $\Delta\ell$ du ressort (à une constante additive près) et le le signal $y(t)$ d'excitation du ressort.

Visualiser les signaux $x(t)$ et $y(t)$.

En régime permanent, vérifier que $y(t) = Y\cos(\omega t)$ et $x(t) = X\cos(\omega t - \varphi)$. Mesurer l'amplitude X et la phase φ pour différentes valeurs de la fréquence v et **tracer les courbes**

$X(\nu)$ **et *φ(ν)***. Déterminer la fréquence de la résonance ν_r qui correspond au maximum X_{max}, la largeur $\Delta\nu$ de la courbe à $X_{max}/\sqrt{2}$ et en déduire le facteur de qualité $Q = \nu_r / \Delta\nu$ (on prendra un nombre de valeurs au voisinage du maximum suffisant pour déterminer précisément les quantités ν_r et $\Delta\nu$). Comparer ν_r à la valeur de ν_{ol} déterminée lors de l'expérience préliminaire, compte tenu des incertitudes estimées. Que pouvez-vous en conclure ?

Quel est le déphasage entre l'élongation et l'excitation à basse fréquence ? À haute fréquence ? À la résonance ?

4. Étude des oscillations libres amorties du ressort

On règle la fréquence de l'excitation au voisinage de la résonance ν_r, puis on coupe l'alimentation du moteur.

Observer le mouvement. L'enregistrer grâce à l'oscilloscope à mémoire. La courbe peut être représentée par une fonction $x(t) = X\, e^{-t/\tau} \cos(\omega t)$.

Sur cette courbe (à l'écran), mesurer la pseudo-période des oscillations, $T_p = 2\pi/\omega$, et le temps caractéristique d'amortissement, τ.

Comparer T_p à la valeur T_{ol} déterminée lors de l'expérience 1, où la masse était dans l'air. La période dépend-elle de l'amortissement ?

Le facteur de qualité Q peut ici être défini par $Q = \omega\tau/2 = \pi\tau/T_p$. Comparer cette valeur à la valeur obtenue pour les oscillations forcées, compte tenu des incertitudes estimées. Que pouvez-vous en conclure ?

C. Oscillations forcées et libres d'un pendule à ressort

Ce pendule est constitué d'un objet cylindrique suspendu entre deux ressorts tendus horizontalement. Grâce à des capteurs de position traduisant en signaux électriques les déplacements du cylindre et ceux de l'extrémité du ressort entraîné par le moteur, il est possible de visualiser et enregistrer les oscillations du pendule $\theta(t) = \Theta\cos(\omega t - \varphi)$ et son excitation $y(t) = Y\cos(\omega t)$.

Laisser la tension d'alimentation des capteurs de positions sur (*+12 V, –12 V*).

1. Étude à l'oscilloscope des oscillations forcées

Mesurer la tension entre le ressort et la masse de l'alimentation à l'oscilloscope. Ce dispositif permet d'obtenir un signal x opposé et proportionnel à l'élongation $\Delta\ell$ du ressort (à une constante additive près) et le le signal $y(t)$ d'excitation du ressort.

Visualiser les signaux $x(t)$ et $y(t)$.

En régime permanent, $y(t) = Y\cos(\omega t)$ et $x(t) = X\cos(\omega t - \varphi)$. Mesurer l'amplitude X et la phase φ pour différentes valeurs de la fréquence ν et **tracer les courbes** $X(\nu)$ **et *φ(ν)***. Déterminer la fréquence de la résonance ν_r qui correspond au maximum X_{max}, la largeur $\Delta\nu$ de la courbe à $X_{max}/\sqrt{2}$ et en déduire le facteur de qualité $Q = \nu_r/\Delta\nu$ (on prendra un nombre de valeurs au voisinage du maximum suffisant pour déterminer précisément les quantités ν_r et $\Delta\nu$).

Quel est le déphasage entre l'élongation et l'excitation à basse fréquence ? À haute fréquence ? À la résonance ?

2. Étude à l'oscilloscope des oscillations libres amorties

On règle la fréquence de l'excitation au voisinage de la résonance ν_r, puis on coupe l'alimentation du moteur.

Observer le mouvement. L'enregistrer grâce à l'oscilloscope à mémoire. L'amortissement des oscillations libres du pendule est-il décrit par une loi en $e^{-t/\tau}$? Si oui, quelle est la valeur de τ ?

Si non, quelle est la fonction mathématique qui le décrit ? L'amortissement du pendule correspond-il à un frottement fluide ? Si non, à quel type de frottement correspond-il ?

Sur cette courbe (à l'écran), mesurer la pseudo-période des oscillations, $T_p = 2\pi/\omega$, comparer T_p à la valeur T_r de la période à la résonance.

Mode d'emploi simplifié de l'oscilloscope numérique HAMEG 507

1 - Pour une utilisation analogique, *réglages sans aucune connexion*

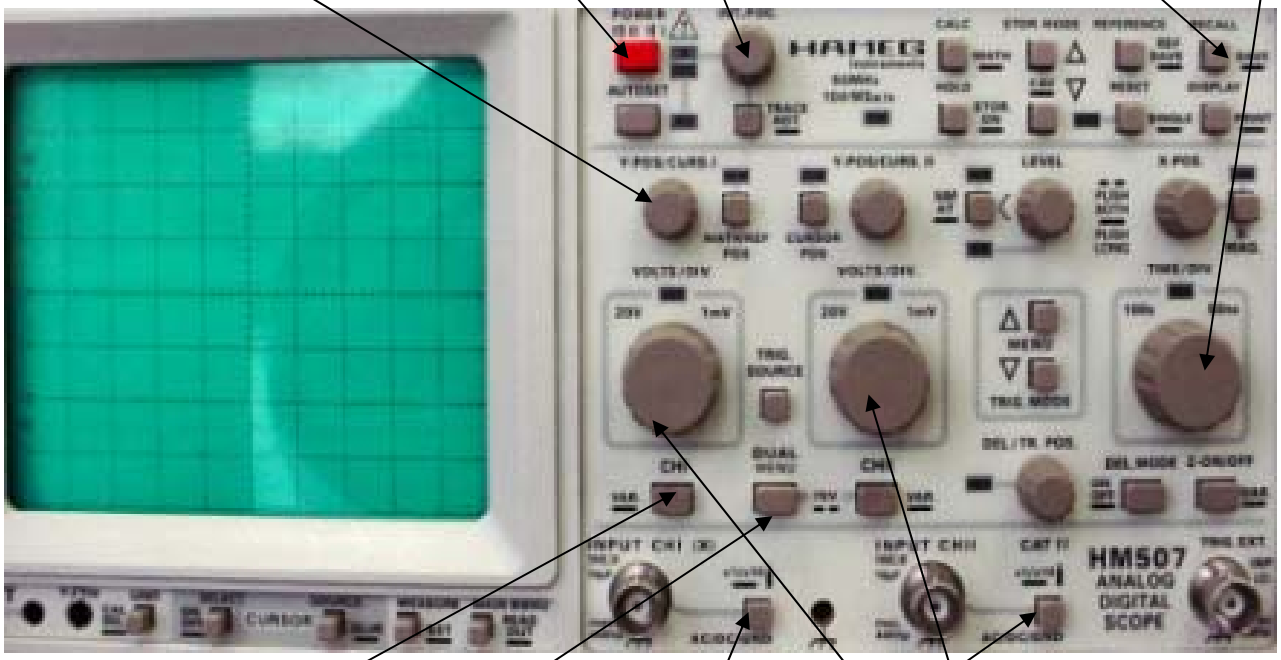
1 - Marche-arrêt

2 - Intensité/focalisation
Activé par pression brève sur « tracerot » si nécessaire

3 - Recall
Si nécessaire choisir « default » pour une remise de tous les réglages à leur valeur d'usine

4 - Ypos/curs1
Réglage vertical de la trace en l'absence de curseur (sinon déplacement du curseur)

5 - Base de temps
Affichée sur l'écran
Prévoir un ordre de grandeur



6 - Voie 1
Par brève pression

6 bis - Dual
Les 2 voies par brève pression

7 et 7 bis AC/DC/GND
Par pression brève menu déroulant affiché, une autre pression brève pour sélectionner l'option

8 et 8 bis Sensibilité en volts/div *affichée à l'écran*
Prévoir un ordre de grandeur

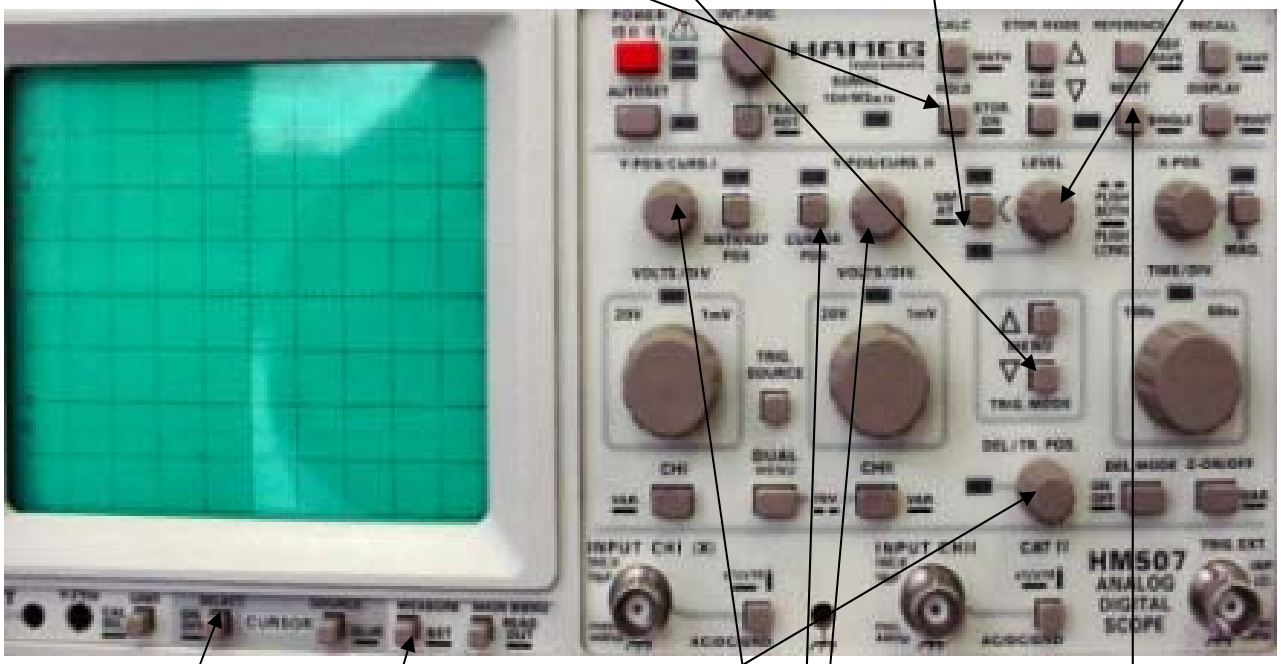
2 – <u>Pour une utilisation en numérique</u> *activer* :

1 - « Hold /stor on »
Un appui prolongé pour passer du mode analogique au mode numérique

2 - « menu »
Choisir DC ou AC suivant le cas étudié

3 – « NM/AT »
Un appui long permet de passer du mode de déclenchement automatique au déclenchement normal (NM affiché)
<u>Une brève pression permet de choisir le front de déclenchement</u>

4 - « level »
Niveau de déclenchement : choisir 30% de la tension max



5 - « DEL/TR POS »
En tournant le bouton vers la droite, permet de fixer la date du déclenchement (choisir 10% du temps max)

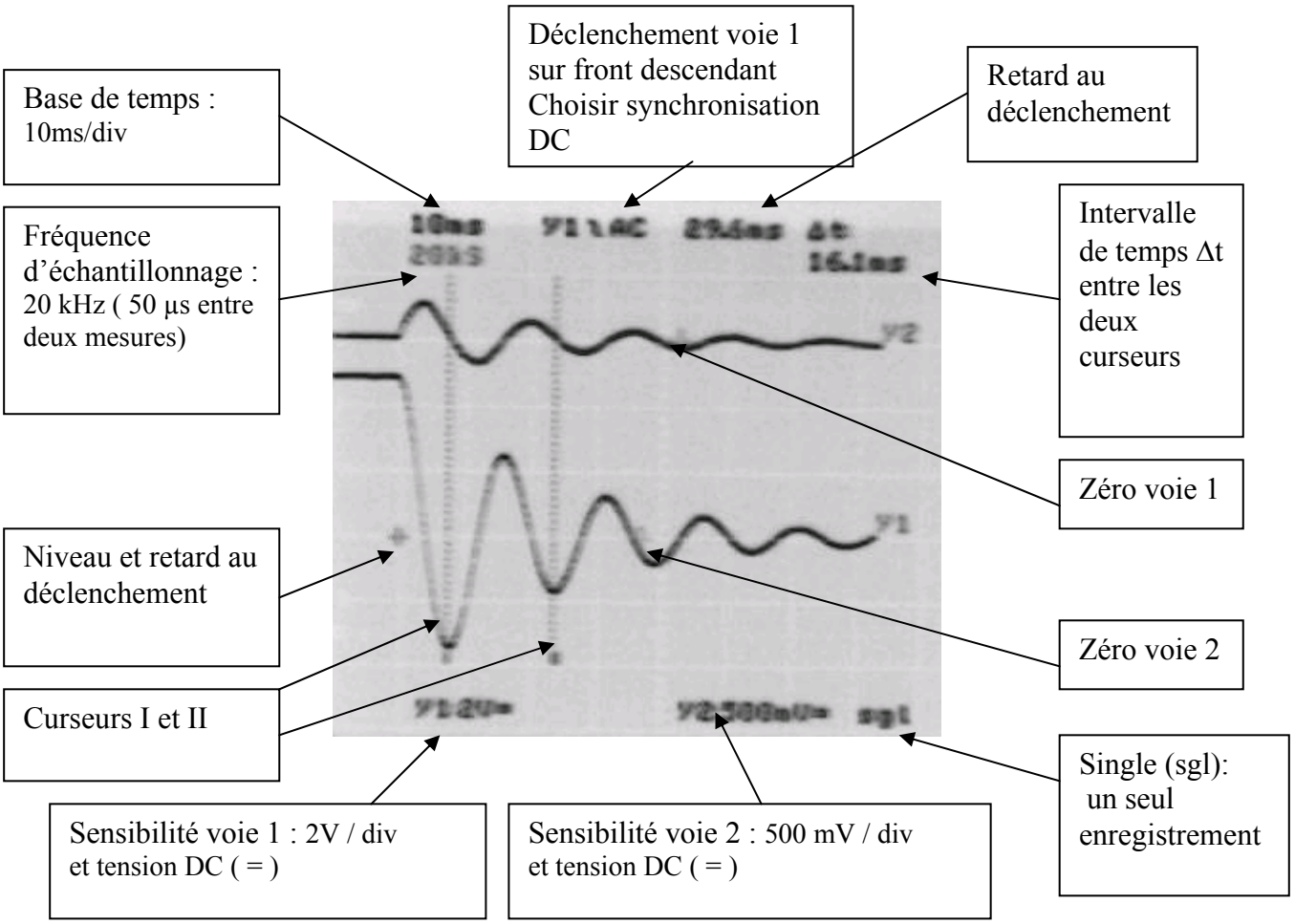
6 - « reset/single »
6.1 Pression prolongée : active le mode single (sgl)
6.2 Pression brève : permet l'acquisition de l'événement <u>après avoir réalisé les connexions</u>

7- Curseur
on/off

8 - Choix des curseurs *(par exemple Δt)*

9 – Déplacement des curseurs
Si « cursor position » activé, curs1 et curs 2 peuvent être déplacés.

Les indications de l'écran HM507


Déclenchement voie 1 sur front descendant Choisir synchronisation DC
Retard au déclenchement
Base de temps : 10ms/div
Intervalle de temps Δt entre les deux curseurs
Fréquence d'échantillonnage : 20 kHz (50 µs entre deux mesures)
Zéro voie 1
Niveau et retard au déclenchement
Zéro voie 2
Curseurs I et II
Single (sgl): un seul enregistrement
Sensibilité voie 1 : 2V / div et tension DC (=)
Sensibilité voie 2 : 500 mV / div et tension DC (=)